



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 101 40 100 A 1

⑤1 Int. Cl.⁷:
A 61 N 5/10
G 21 K 1/02

②1 Aktenzeichen: 101 40 100.0
②2 Anmeldetag: 16. 8. 2001
④3 Offenlegungstag: 28. 3. 2002

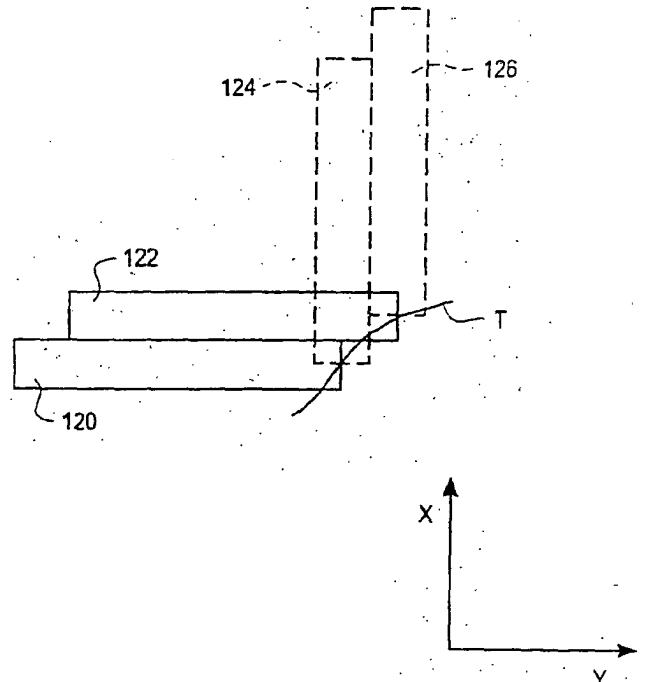
DE 101 40 100 A 1

③0 Unionspriorität:
642553 17. 08. 2000 US
⑦1 Anmelder:
Siemens Medical Systems, Inc., Iselin, N.J., US
⑦4 Vertreter:
Blumbach, Kramer & Partner GbR, 81245 München

⑦2 Erfinder:
Siochi, Ramon Alfredo Carvalho, Apex, N.C., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Ein Verfahren zum Liefern von Strahlung von einer Strahlungsquelle an einen Behandlungsbereich
- ⑤7 Es wird ein Verfahren zum Liefern von Strahlung von einer Strahlungsquelle an einen Behandlungsbereich (T) unter Verwendung eines Mehrblattkollimators angegeben. Das Verfahren enthält das Positionieren des Mehrblattkollimators zwischen der Strahlungsquelle und dem Objekt zum Blockieren eines Teils der Strahlung. Die Blätter (120, 122) des Mehrblattkollimators sind im wesentlichen innerhalb einer Ebene befindlich und erstrecken sich entlang einer ersten Achse (Y). Die Blätter werden zum Definieren eines ersten Behandlungsfeldes positioniert. Das Verfahren enthält weiter das Liefern der Strahlung an das erste Behandlungsfeld und das Drehen des Mehrblattkollimators um eine zentrale Achse, die sich im wesentlichen senkrecht der Blattebene erstreckt. Die Blätter (124, 126) werden zum Definieren eines zweiten Behandlungsfeldes positioniert, und Strahlung wird an das zweite Behandlungsfeld geliefert.



DE 101 40 100 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Liefern von Strahlung von einer Strahlungsquelle an einen Behandlungsbereich, insbesondere zur Verwendung bei einer hochdefinierten Strahlungsbehandlung mit einem Intensitätsmodulierenden Mehrblattkollimator.

[0002] Strahlungsemissionsvorrichtungen sind allgemein bekannt und werden zum Beispiel als Bestrahlungstherapievorrichtungen für die Behandlung von Patienten verwendet. Eine Bestrahlungstherapievorrichtung enthält allgemein ein Gerüst oder Gestell (zum Beispiel ein Portal, Gantry), das um eine horizontale Drehachse im Verlauf einer therapeutischen Behandlung geschwenkt werden kann. Ein Linearbeschleuniger ist innerhalb des Gestells zum Erzeugen eines Hochenergie-Bestrahlungsstrahls für die Therapie befindlich. Dieser Hochenergie-Bestrahlungsstrahl kann zum Beispiel ein Elektronenstrahl oder ein Photonenstrahl (Röntgenstrahl) sein. Während der Behandlung wird der Bestrahlungsstrahl auf eine Zone eines Patienten, der in dem Isozentrum der Gestelldrehung liegt, gerichtet bzw. kanalisiert.

[0003] Um die Strahlung, die in Richtung des Patienten emittiert wird, zu steuern, ist typischerweise eine Strahlungsabschirmvorrichtung wie eine Plattenanordnung oder ein Kollimator in der Trajektorie des Strahlungsstrahls zwischen der Strahlungsquelle und dem Patienten vorgesehen. Ein Beispiel einer Plattenanordnung ist ein Satz von vier Platten, der zum Definieren einer Öffnung für den Strahlungsstrahl benutzt werden kann. Der Kollimator ist eine Strahlungsabschirmvorrichtung, die mehrere Blätter (z. B. relativ dünne Platten oder Stäbe) enthalten kann, die typischerweise als gegenüberliegende Blattpaare angeordnet sind. Die Platten sind aus einem relativ dichten und strahlungsundurchlässigen Material ausgebildet und sie sind im allgemeinen unabhängig voneinander zum Begrenzen des Strahlungsstrahles positionierbar.

[0004] Die Strahlungsabschirmvorrichtung definiert ein Feld auf der Zone des Patienten, für welches eine vorgeschriebene Strahlungsmenge zu liefern ist. Die gewöhnliche Behandlungsfeldgestalt resultiert in einem dreidimensionalen Behandlungsvolumen, das Segmente von normalem Gewebe enthält, wodurch die Dosis, die dem Tumor gegeben werden kann, begrenzt wird. Die an den Tumor gelieferte Dosis kann erhöht werden, falls die Menge normalen Gewebes, die bestrahlt wird, vermindert wird und die an das normale Gewebe gelieferte Dosis vermindert wird. Die Vermeidung des Lieferns von Strahlung an gesunde Organe, die den Tumor umgeben und überlagern, begrenzt die Dosis, die an den Tumor geliefert werden kann.

[0005] Die Lieferung von Strahlung durch eine Bestrahlungstherapievorrichtung wird typischerweise durch einen Onkologen vorgeschrieben. Die Verschreibung ist eine Definition eines bestimmten Volumens und eines bestimmten Bestrahlungspegels, von dem gestattet ist, daß er an dieses Volumen geliefert wird. Der tatsächliche Betrieb der Bestrahlungsausrüstung wird jedoch normalerweise durch einen Therapeuten ausgeführt. Die Bestrahlungsemissionsvorrichtung wird zum Liefern der spezifischen Behandlung, die durch den Onkologen vorgeschrieben worden ist, programmiert. Wenn die Vorrichtung zur Behandlung programmiert wird, hat der Therapeut die tatsächliche Strahlungsausgabe in Betracht zu ziehen und die Dosislieferung basierend auf der Plattenanordnungsöffnung einzustellen, um die vorgeschriebene Strahlungsbehandlung in der gewünschten Tiefe in dem Ziel zu erreichen.

[0006] Die Herausforderung für den Bestrahlungstherapeuten ist die Bestimmung der besten Anzahl von Feldern und Intensitätspegeln zum Optimieren der Dosis-Volumen-

Histogramme, die einen kumulativen Pegel der Strahlung definieren, der an ein spezifiziertes Volumen zu liefern ist. Typische Optimierungsmaschinen optimieren die Dosis-Volumen-Histogramme durch Berücksichtigung der Verschreibung des Onkologen oder einer dreidimensionalen Spezifizierung der zu liefernden Dosis bzw. Dosierung. Bei solchen Optimierungsmaschinen wird das dreidimensionale Volumen in Zellen heruntergebrochen, wobei jede Zelle einen spezifischen Strahlungspegel, der zu handhaben ist, definiert. Die Ausgaben der Optimierungsmaschinen sind Intensitätskarten, die durch Variieren der Intensität in jeder Zelle in der Karte bestimmt sind. Die Intensitätskarten spezifizieren eine Anzahl von Feldern, die optimierte Intensitätspegel in jeder Zelle definieren. Die Felder können statisch oder dynamisch moduliert werden, so daß eine unterschiedliche akkumulierte der Dosierung bzw. Dosis an unterschiedlichen Punkten in dem Feld empfangen wird. Wenn die Strahlung einmal entsprechend der Intensitätskarte geliefert worden ist, sollte die akkumulierte Dosis bzw. Dosierung in jeder Zelle, oder das Dosis-Volumen-Histogramm, der Verschreibung so nahe wie möglich entsprechen.

[0007] Verfahren, mit denen das Behandlungsvolumen dazu gebracht werden kann, einem Tumor genauer zu entsprechen, enthalten das Definieren der Tumorgestalt mit einem Bleilegierungsblock, das Bewegen von festen Klauenblöcken während der Behandlung, das Abtasten mit dem Strahlungsstrahl über das zu behandelnde Volumen, und das Verwenden eines Mehrblattkollimators, um ein unregelmäßig geformtes Feld zu erzeugen, das im wesentlichen der Gestalt des Tumors entspricht. Der Mehrblattkollimator enthält zwei gegenüberliegende Felder von Seite-an-Seite angeordneten, länglichen, strahlungsblokkierenden Kollimatorblättern. Jedes Blatt kann longitudinal in Richtung auf die oder weg von der zentralen Achse des Strahls bewegt werden, wodurch eine gewünschte Gestalt definiert wird, durch welche der Strahlungsstrahl hindurchgehen wird. Mehrblattkollimatoren werden in zunehmendem Maße verwendet, um Bleilegierungsblöcke bei vielen konformen (formtreuen) Strahlungsbehandlungen zu ersetzen, um Kosten und die zur Erzeugung des Blockes benötigte Zeit zu reduzieren. Jedoch gibt es immer noch eine Anzahl von Behandlungsfällen, die die Verwendung von Blöcken erfordern, da das konforme (formtreue) Formen unter Verwendung eines Mehrblattkollimators in diesen Fällen nicht adäquat verwirklicht werden kann. Dieses ist aufgrund des "Treppenstufen"-Effektes, der entlang der Feldränder auftritt, die nicht senkrecht zu den Blattflächenrändern sind. Ein welliges Strahlungsmuster an der Grenze eines bestrahlten Volumens ergibt sich, wenn die Blätter zum Erzeugen einer unregelmäßigen Gestalt gestuft sind. Diese Verteilung ist nicht akzeptabel für Feldränder, die benachbart zu kritischen Strukturen sind, oder wenn ein Aneinanderstoßen mit zusätzlichen Feldern geplant ist.

[0008] Ein Verfahren zum Reduzieren dieses Treppenstufeneffektes ist das Unterteilen der Behandlungsdosis in mehrere Intensitätsfelder und das Verschieben des Tisches, auf dem der Patient liegt, zwischen den Lieferungen (Anwendungen) jedes Intensitätsfeldes, d. h. der jeweiligen Intensitätsfelder. Jedoch ist dieses oft nicht wünschenswert, da die Tischverschiebungen das geplante Isozentrum bewegen.

[0009] Eine andere mögliche Lösung ist das Vorsehen eines Kollimators mit dünneren Blättern. Jedoch ist die für die zusätzlichen Blätter benötigte Hardware teuer, fügt dem System Gewicht hinzu, kann den Freiraum zwischen dem Behandlungskopf und dem Patienten reduzieren, und kann die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer des Systems vermindern.

[0010] Dementsprechend gibt es ein Bedürfnis nach einem Verfahren zum Erzielen einer Intensitätsmodulation mit

einer höheren räumlichen Auflösung, um Treppenstufeneffekte an kritischen Grenzen während einer Bestrahlungstherapie zu vermindern, ohne die momentanen Mehrblattkollimatorblattbreiten zu ändern oder den Patienten während der Bestrahlungsbehandlung zu verschieben.

[0011] Dieses Bedürfnis wird befriedigt durch ein Verfahren nach Anspruch 1.

[0012] Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0013] Bei einer Ausführungsform wird der Kollimator gedreht, bis sich die Blätter longitudinal entlang einer zweiten Achse, die im wesentlichen senkrecht zu der ersten Achse ist, erstrecken. Die Blätter können longitudinal zum Erzeugen zusätzlicher Behandlungsfelder bewegt werden. Eine vorgeschriebene Strahlungs-dosis wird bevorzugterweise gleichmäßig unter den unterschiedlichen Behandlungsfeldern aufgeteilt.

[0014] Das Verfahren kann weiter das Unterteilen des Behandlungsbereichs in eine Mehrzahl von Zellen enthalten, von denen jede einen definierten Behandlungsintensitätspegel aufweist. Die Zellen werden zur Bildung einer Mehrzahl von Matrizen gruppiert, wobei jede der Matrizen mindestens eine Abmessung aufweist, die ungefähr gleich der Breite eines Kollimatorblattes ist. Jede der Matrizen wird zerlegt in orthogonale Matrizen für eine Bestrahlung mit einem Null-Grad-Offset-Kollimator und einem Neunzig-Grad-Offset-Kollimator.

[0015] Das Obige ist eine kurze Beschreibung von einigen Nachteilen des Standes der Technik und Vorteilen der vorliegenden Erfindung. Andere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren. Von den Figuren zeigen:

[0016] Fig. 1 eine Darstellung einer Bestrahlungsbehandlungsvorrichtung und einer Behandlungskonsole entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und einen Patienten, der zur Behandlung innerhalb der Bestrahlungsvorrichtung positioniert ist;

[0017] Fig. 2 eine Blockdarstellung, die Teile der Bestrahlungsbehandlungsvorrichtung aus Fig. 1 illustriert;

[0018] Fig. 3 ein Schema, das Blätter des Mehrblattkollimators, die zur Behandlung in der Strahlungsbehandlungsvorrichtung aus Fig. 1 positioniert sind, illustriert;

[0019] Fig. 4 eine Draufsicht, die einen Teil der Blätter des Mehrblattkollimators, die in einer ersten Position positioniert sind, und Blätter, die gestrichelt gezeigt sind, des in einer zweiten Position positionierten Kollimators, illustriert;

[0020] Fig. 5 eine Draufsicht des Mehrblattkollimators, der in einer Null-Grad-Offset-Position positioniert ist;

[0021] Fig. 6 eine Draufsicht des Mehrblattkollimators aus Fig. 5, der in einer Neunzig-Grad-Offset-Position positioniert ist;

[0022] Fig. 7 eine Draufsicht von zwei Blättern, die eine Grenze eines Behandlungsbereichs schneiden, wobei die Blätter in einer zweiten Position gestrichelt gezeigt sind;

[0023] Fig. 8 eine Draufsicht auf zwei Blätter, die die Grenze des Behandlungsbereichs schneiden, wobei der Kollimator aus seiner Null-Grad-Offset-Position gedreht ist, und wobei die Blätter in einer zweiten Position gestrichelt gezeigt sind;

[0024] Fig. 9 eine Draufsicht auf einen Behandlungsbereich, der in zwei Abschnitte für eine Strahlungslieferung mit dem in seiner Null-Grad-Offset-Orientierung positionierten Kollimator unterteilt ist;

[0025] Fig. 10 eine Draufsicht des Behandlungsbereichs aus Fig. 9, der in zwei Abschnitte für eine Strahlungslieferung mit dem in seiner Neunzig-Grad-Offset-Orientierung positionierten Kollimator unterteilt ist;

[0026] Fig. 11 eine Draufsicht eines Behandlungsbereichs mit einem Gitter, das über dem Behandlungsbereich zum Definieren von Zellen innerhalb des Behandlungsbereiches plaziert ist;

[0027] Fig. 12 ein Schema, das die Zellen aus Fig. 11, die in einer Intensitätskarte befindlich sind, illustriert;

[0028] Fig. 13 eine Darstellung einer Matrix, die in eine Null-Grad-Matrix-Komponente und eine Neunzig-Grad-Matrix-Komponente heruntergebrochen ist;

[0029] Fig. 14 eine Draufsicht auf ein gegenüberliegendes Paar von Blättern, die zum Anwenden einer Dosierung, die durch die Null-Grad-Matrix aus Fig. 13 spezifiziert ist, konfiguriert sind;

[0030] Fig. 15 eine Draufsicht auf ein gegenüberliegendes Paar von Blättern, die zum Anwenden einer Dosierung, die durch die Neunzig-Grad-Matrix aus Fig. 13 spezifiziert ist, konfiguriert sind; und

[0031] Fig. 16 eine Ablaufdarstellung, die einen Prozess zum Definieren einer Intensitätskarte für einen Behandlungsbereich und zum Liefern von Strahlung an den Behandlungsbereich illustriert.

[0032] Dieselben Bezugszeichen bezeichnen entsprechende Teile durch die Figuren.

[0033] Die folgende Beschreibung wird gegeben, um Durchschnittsfachleute in die Lage zu versetzen, die Erfindung auszuführen, und sie wird im Kontext von Patentanmeldungen und ihren Anforderungen gegeben. Verschiedene Modifikationen der bevorzugten Ausführungsformen werden den Fachleuten leicht einfallen und die grundsätzlichen Prinzipien, die hier beschrieben werden, können auf alle Ausführungsformen angewandt werden.

[0034] Unter Bezugnahme auf die Figuren, und zuerst unter Bezugnahme auf Fig. 1, eine Strahlungsbehandlungsvorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 1 gezeigt und allgemein mit dem Bezugszeichen 20 bezeichnet. Die Strahlungsbehandlungsvorrichtung 20 weist eine Strahlabschirmungsvorrichtung (nicht gezeigt) innerhalb eines Behandlungskopfes 24, eine Steereinheit innerhalb eines Gehäuses 26, das mit einer Behandlungsverarbeitungseinheit, die allgemein mit 30 bezeichnet ist, verbunden ist, auf. Die Strahlungsbehandlungsvorrichtung weist weiter ein Gestell (Gerüst, Portal, Gantry) 36, das zur Drehung um die Achse A im Laufe einer therapeutischen Behandlung geschwenkt bzw. gedreht werden kann, auf. Der Behandlungskopf 24 ist an dem Gestell 36 zur Bewegung mit diesem befestigt. Ein Linearbeschleuniger ist innerhalb des Gestells zur Erzeugung einer Hochleistungsstrahlung, die zur Therapie verwendet wird, befindlich. Die Strahlung, die von dem Linearbeschleuniger emittiert wird, verläuft allgemein entlang der Achse R. Elektronen, Photonen, oder irgendeine andere detektierbare Strahlung kann für die Therapie verwendet werden. Während der Behandlung wird der Strahlungsstrahl auf eine Zone Z eines Objektes P (z. B. ein Patient, der zu behandeln ist) fokussiert. Die zu behandelnde Zone ist in einem Isozentrum befindlich, das durch den Schnitt der Drehachse A des Gestells 36, der Drehachse T des Behandlungstisches 38, und der Strahlungsstrahlachse R definiert wird. Das drehbare Gestell 36 erlaubt unterschiedliche Strahlwinkel und Bestrahlungsverteilungen, ohne daß der Patient bewegt werden muß.

[0035] Die Behandlungsverarbeitungseinheit 30 wird zum Eingeben von Information, wie der Bestrahlungsintensität und dem Ort der Behandlung, in die Strahlungsbehandlungsvorrichtung 20 und zum Ausgeben von Daten zum Überwachen der Behandlung verwendet. Die Verarbeitungseinheit 30 enthält eine Ausgabevorrichtung, wie einen visuellen Anzeigemonitor 40 und eine Eingabevorrichtung wie eine Tastatur 42. Die Behandlungsverarbeitungseinheit 30

wird typischerweise durch einen Therapeuten betätigt, der die tatsächliche Lieferung der Bestrahlungsbehandlung, wie sie durch einen Onkologen vorgeschrieben worden ist, verwaltet bzw. überwacht. Der Therapeut verwendet die Tastatur 42 zum Eingeben von Daten, die die Bestrahlungsdosis, die an den Patienten zu liefern ist, definieren, in die Verarbeitungseinheit 30. Die Daten können auch über andere Eingabevorrichtungen wie zum Beispiel eine Datenspeichervorrichtung eingegeben werden. Verschiedene Datentypen können vor und während der Behandlung auf dem Schirm des Anzeigemonitors 40 angezeigt werden.

[0036] Fig. 2 ist eine Blockdarstellung der Bestrahlungsbehandlungsvorrichtung, die Abschnitte der Behandlungsverarbeitungseinheit 30 in weiterem Detail zeigt. Ein Elektronenstrahl 50 wird in einem Elektronenbeschleuniger, der allgemein mit 52 bezeichnet ist, erzeugt. Der Elektronenbeschleuniger 52 enthält eine Elektronenkanone 54, einen Wellenleiter 56 und eine evakuierte Umhüllung oder einen evakuierten Führungsmagneten 58. Ein Triggersystem 60 erzeugt Injektortriggersignale und liefert sie an einen Injektor 62. Basierend auf diesen Injektortriggersignalen erzeugt der Injektor 62 Injektorpulse, die an die Elektronenkanone 54 in den Beschleuniger 52 zum Erzeugen des Elektronenstrahls 50 geliefert werden. Der Elektronenstrahl 50 wird durch den Wellenleiter 56 beschleunigt und geführt. Zu diesem Zweck ist eine Hochfrequenzquelle (nicht gezeigt) vorgesehen, die Hochfrequenzsignale für die Erzeugung eines elektromagnetischen Feldes liefert, das an den Wellenleiter 56 geliefert wird. Die Elektronen, die durch den Injektor 62 injiziert und durch die Elektronenkanone 54 emittiert werden, werden durch das elektromagnetische Feld in dem Wellenleiter 56 beschleunigt und treten an dem Ende, das der Elektronenkanone 54 entgegengesetzt ist, zur Bildung des Elektronenstrahls 50 aus. Der Elektronenstrahl 50 tritt dann in den Führungsmagneten 58 ein und wird von dort durch ein Fenster 64 entlang der Achse R geführt. Nach dem Durchgang durch eine Streufolie 66 für den Elektronenmodus (oder ein Target für den Photonenmodus) tritt der Strahl 50 durch einen Durchgang 68 eines Abschirmungsblockes 70 und trifft auf eine Sekundärstreufolie 72 für den Elektronenmodus (oder ein Glättungsfilter für den Photonenmodus).

[0037] Der Strahl tritt als nächstes durch eine Meßkammer 74, in der die Dosis festgestellt wird. Eine Strahlabschirmungsvorrichtung, allgemein mit 80 bezeichnet, ist in dem Weg des Strahls 50 vorgesehen, um ein Behandlungsfeld 81 (Fig. 2 und 3) zu definieren. Die Strahlabschirmungsvorrichtung 80 enthält eine Mehrzahl von gegenüberliegenden Platten oder Blättern 82a-i und 84a-i, von denen in Fig. 2 zur Vereinfachung nur zwei gezeigt sind. Fig. 3 illustriert die Blätter 82a i und 84a i (die Blattpaare 82a und 84a, 82b und 84b, ..., 82i und 84i bilden) eines Mehrblattkollimators, der zwischen der Strahlungsquelle und einem Patienten montiert und zum Definieren eines Behandlungsfeldes durch Begrenzen des Elektronenstrahls 50 positioniert ist. Die Blätter 82a-i, 84a-i haben typischerweise eine Breite von einem Zentimeter und sind im wesentlichen undurchlässig für die emittierte Strahlung, so daß sie gesundes Gewebe gegenüber der Strahlung abblocken bzw. abschirmen.

[0038] Die Blätter 82a-i, 84a-i sind in einer Richtung, die allgemein bzw. im wesentlichen senkrecht zu der Achse R ist, durch eine Antriebseinheit 86 (die in Fig. 2 nur in bezug auf die Platte 82a gezeigt ist) zum Ändern der Größe des bestrahlten Feldes bewegbar, so daß die Strahlungsverteilung über das Feld nicht gleichförmig sein muß (d. h., ein Bereich kann einer höheren Dosis als ein anderer Bereich ausgesetzt werden). Die Antriebseinheit 86 enthält einen elektrischen

Motor, der mit der Platte 82a gekoppelt ist und durch eine Motorsteuerung 90 gesteuert wird. Positionssensoren 92, 94 sind ebenfalls mit den Platten 82a bzw. 84a zum Erfassen ihrer Positionen gekoppelt. Die Antriebseinheit 86 treibt die Platte 82a zur Bewegung in das und aus dem Behandlungsfeld an, wodurch die gewünschten Feldgestalten erzeugt werden.

[0039] Die Motorsteuerung 90 ist mit einer Dosissteuereinheit 96 gekoppelt, die eine Dosimetriesteuerung enthält, die mit der zentralen Prozesseinheit 28 zum Liefern von Einstellwerten für den Strahlungsstrahl zum Erzielen gegebener Isodosiskurven gekoppelt ist (Fig. 2). Die Ausgabe des Strahlungsstrahls (d. h. dessen Energie/Leistung) wird durch die Meßkammer 74 gemessen. Als Reaktion auf eine Abweichung zwischen dem eingestellten Wert und den tatsächlichen Werten liefert die Dosissteuereinheit 96 Signale an das Triggersystem 60, das in einer bekannten Weise die Pulswiederholfrequenz so ändert, daß die Abweichung zwischen den eingestellten Werten und den tatsächlichen Werten der Strahlungsstrahlausgabe (Energie/Leistung) minimiert wird. Die durch den Patienten absorbierte Dosis ist abhängig von der Bewegung der Kollimatorplatten 82a, 84a. Die zentrale Prozesseinheit 28 steuert das Ausführen des Programms und das Öffnen und Schließen der Kollimatorplatten 82a, 84a zum Liefern einer Strahlung entsprechend eines gewünschten Intensitätsprofils. Die zentrale Prozesseinheit 28 kann andere Merkmale enthalten, wie sie zum Beispiel in der US 5 724 403 beschrieben sind, die hier zu diesem Zweck in ihrer Gesamtheit durch Bezugnahme aufgenommen wird.

[0040] Es ist zu verstehen, daß die Strahlungsbehandlungsvorrichtung unterschiedlich von derjenigen sein kann, die hier beschrieben und gezeigt wurde. Die oben beschriebene Behandlungsvorrichtung 20 ist ein Beispiel einer Vorrichtung zur Verwendung beim Liefern einer Behandlung entsprechend des Verfahrens, das unten beschrieben wird.

[0041] Im Folgenden werden Verfahren nach Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zum Liefern von Strahlung an einen Behandlungsbereich mit einem Mehrblattkollimator, der zum Drehen um eine Achse R des Strahlungsstrahls ansteuerbar ist, die mit einer zentralen Achse übereinstimmt, die sich im wesentlichen senkrecht zu einer Ebene erstreckt, die mindestens einen Teil der Blätter des Mehrblattkollimators enthält (Fig. 1), beschrieben. Die Verfahren enthalten das Anwenden einer ersten Strahlungsbehandlung auf einen Behandlungsbereich mit dem Kollimator in einer ersten Position und dann das Drehen des Kollimators um die Achse R und das Anwenden einer zweiten Strahlungsbehandlung. Um den Treppenstufeneffekt, der durch die Breite der Blätter erzeugt wird, zu reduzieren, wird die Strahlung in zwei oder mehr getrennten Behandlungsfeldern geliefert, wobei das erste Behandlungsfeld ein Behandlungsfeld ist, bei dem der Kollimator in einer Null-Grad-Offset-Orientierung ist, und das zweite Behandlungsfeld ein Behandlungsfeld ist, bei dem der Kollimator um ungefähr neunzig Grad gegenüber der ersten Kollimatorposition versetzt bzw. verdreht ist. Die Null-Grad-Offset-Orientierung des Kollimators kann entsprechend Prozeduren ausgewählt werden, die zum Auswählen der optimalen Kollimatororientierung für eine herkömmliche Mehrblattkollimatorstrahlungslieferung (d. h. keine Kollimatorordnung um die Achse R) verwendet werden. Softwareprodukte wie "Beamshaper" können zum Bestimmen der optimalen Kollimatororientierung verwendet werden, wie es den Durchschnittsfachleuten wohl bekannt ist. Wie unten beschrieben wird, wird der Kollimator bevorzugterweise um ungefähr neunzig Grad relativ zu der Null-Grad-Position gedreht, jedoch können die beiden Kollimatorpositionen auch um eine

Winkeldrehung unterschiedlich von neunzig Grad voneinander getrennt sein, oder die Strahlung kann mit einem Kollimator, der in mehr als zwei Winkelerorientierungen positioniert ist, ausgestrahlt werden, ohne daß von der Erfindung abgewichen wird.

[0042] Das erste Verfahren, das unten beschrieben wird, enthält das Positionieren der Blätter derart, daß ein vorderer Rand von jedem Blatt eine Grenze des Behandlungsbereiches an dem spezifizierten Ort schneidet. Das zweite Verfahren enthält das Definieren einer Intensitätskarte auf dem Behandlungsbereich und das Positionieren der Blätter basierend auf der Intensitätskarte. Das zweite Verfahren wird bevorzugt, falls die Grenze des Behandlungsbereiches steile (große Steigerung) Abschnitte, kurze Abschnitte oder scharfe Änderungen in der Krümmung aufweist.

[0043] Fig. 4 zeigt eine Teildraufsicht eines Behandlungsbereiches T und einen Teil der Blätter des Mehrblattkollimators, der in zwei unterschiedlichen Orientierungen positioniert ist, zum Definieren einer Grenze des Behandlungsbereiches. Die Blätter 120 und 122 erstrecken sich longitudinal entlang der Y-Achse, wobei der Kollimator in seiner Null-Grad-Offset-Orientierung positioniert ist (Fig. 4 und 5). Die Blätter 124 und 126 (in Fig. 4 gestrichelt gezeigt) erstrecken sich longitudinal entlang der X-Achse, wenn der Kollimator in seiner Neunzig-Grad-Offset-Position positioniert ist (Fig. 4 und 6). Fig. 4 illustriert, daß die Auflösung an der Grenze des Zielbereiches durch Anlegen der Strahlung in zwei unterschiedlichen Kollimatororientierungen erhöht werden kann. Die Blätter können außerdem longitudinal bewegt werden, während der Kollimator in derselben Orientierung bleibt, um die Auflösung weiter zu erhöhen. Wie in Fig. 7 und 8 gezeigt ist, die Blätter 120, 122 und 124, 126 schneiden einen Umfangsrand (Grenze) des Behandlungsbereiches T, wobei der Kollimator in seiner Null-Grad-Offset-Orientierung bzw. seiner Neunzig-Grad-Offset-Orientierung positioniert ist. Die Blätter, die gestrichelt gezeigt sind, sind longitudinal gegenüber einer ersten Position versetzt, um ein neues Behandlungsfeld zu erzeugen. Die Anzahl der Blattpositionen und der Kollimatororientierungen, die zur Reduzierung des Treppenstufeneffektes benötigt werden, hängt davon ab, wie fein oder "sanft" die Kontur gewünscht wird. Jedwede Anzahl von Intensitätsfeldern kann zum Liefern der Strahlung bei unterschiedlichen Kollimatororientierungen und verschiedenen longitudinalen Blattpositionen verwendet werden, um die gewünschte Kontur entlang des Umfangsrandes des Behandlungsbereiches T zu liefern.

[0044] Bei dem ersten Verfahren zum Definieren von Blattpositionen für die unterschiedlichen Behandlungsfelder basiert die Position jedes Blattes relativ zu dem Umfangsrand des Behandlungsbereiches T auf der Anzahl der zu liefernden Behandlungsfelder. Falls nur zwei Behandlungsfelder geliefert werden, wird jedes Blatt derart positioniert, daß der Querrand (d. h. die vordere Fläche) 130 jedes Blattes die Grenze des Behandlungsbereiches ungefähr an ihrem Mittelpunkt (d. h. eine Hälfte der Blattbreite) schneidet (Fig. 5 und 6). Derart wird der Kollimator zuerst in seiner Null-Grad-Offset-Orientierung positioniert, wobei jedes Blatt zum Schneiden der Behandlungsbereichsgrenze an seinem Mittelpunkt positioniert ist, wie es in Fig. 5 gezeigt ist. Die Hälfte der Strahlungsdosis wird mit den Blättern, die dieses erste Behandlungsfeld definieren, geliefert. Der Kollimator wird dann um die zentrale Achse R gedreht, bis sich die Blätter im wesentlichen senkrecht zu ihrer ursprünglichen Blattposition erstrecken (Fig. 6). Die Blätter werden jeweils longitudinal entlang der X-Achse bewegt, bis jedes Blatt die Grenze ungefähr an dem Mittelpunkt der Blattkante 130 schneidet. Die verbleibende Hälfte der Strahlungsdosis (Strahlungsdosis) wird dann mit den Blättern, die zum Defi-

nieren dieses zweiten Behandlungsfeldes positioniert sind, geliefert.

[0045] Falls drei separate Behandlungsfelder verwendet werden, kann ein Feld mit dem Mehrblattkollimator in einer ersten Orientierung geliefert werden, und die anderen beiden Felder können mit dem Mehrblattkollimator in einer zweiten Orientierung geliefert werden. Zum Beispiel kann das erste Behandlungsfeld geliefert werden, wie es oben für den Fall mit zwei Behandlungsfeldern beschrieben und in Fig. 5 gezeigt wurde. Der Kollimator wird dann zu seiner zweiten Orientierung (z. B. um neunzig Grad gegenüber der ersten Kollimatororientierung gedreht) gedreht und die Strahlung wird über zwei separate Behandlungsfelder geliefert, wobei die Blätter zwei unterschiedliche Punkte entlang der Grenze schneiden, wie es in Fig. 8 gezeigt und unten beschrieben ist.

[0046] Falls vier unterschiedliche Behandlungsfelder verwendet werden, wird die vorgeschriebene Anzahl von Überwachungseinheiten der Strahlung in vier gleiche Dosen unterteilt, wobei ein Viertel der Strahlung an jedes Behandlungsfeld geliefert wird. Die Fig. 7 und 8 zeigen Blätter, die für zwei Behandlungsfelder mit dem Kollimator in seiner Null-Grad-Offset-Position bzw. zwei Behandlungsfelder mit dem Kollimator in seiner Neunzig-Grad-Offset-Position positioniert sind. Die Strahlung wird zuerst mit den Blättern 120, 122, die zum Schneiden der Behandlungsbereichsgrenze an einem Ort, der ungefähr ein Drittel des Weges entlang der Querkante 130 jedes Blattes ist, positioniert (Fig. 7). Die Blätter 120, 122 werden dann longitudinal bewegt (wie es gestrichelt gezeigt ist), bis jedes Blatt die Grenze an einem Ort schneidet, der ungefähr zwei Drittel des Weges entlang der Querkante des Blattes liegt.

[0047] Die folgende Gleichung kann zum Bestimmen der Anzahl von Blattpositionen benutzt werden, die für jede Kollimatororientierung mit einer gegebenen Anzahl von Behandlungsfeldern benötigt werden:

$$m = n/2 \text{ (für eine gerade Anzahl von Feldern)}$$

wobei n = Anzahl der Behandlungsfelder und m = Anzahl der Blattpositionen für jede Kollimatororientierung.

[0048] Die Anzahl der vorgeschriebenen Überwachungseinheiten der Strahlung, die an jedes Feld geliefert werden, wird $1/n$ sein. Der Schnittpunkt der Blätter und der Grenze für jede Position wird in Intervallen von $1/(m+1)$ -mal der Blattbreite sein. Falls zum Beispiel ein 1 cm breites Blatt verwendet wird und die Strahlung über sechs Behandlungsfelder zu liefern ist, wird die Anzahl der Blattpositionen für jede Kollimatororientierung (z. B. Null-Grad-Offset und Neunzig-Grad-Offset) sein:

$$m = 6/2 = 3$$

und der Schnittpunkt zwischen jedem Blatt und der Grenze wird in Intervallen von

$$1/(3+1) = 1/4 \times 1 \text{ cm}$$

sein. Derart sind die Schnittpunkte bei 1/4 cm, 1/2 cm und 3/4 cm der Gesamtblattbreite entlang der Querkante 130 des Blattes.

[0049] Falls die Anzahl der Intensitätsfelder ungerade ist (d. h., $n = 2m+1$), liegen die Punkte entlang des Blattes in Intervallen von $1/(m+1)$ -mal der Blattbreite in einer Kollimatororientierung und $1/(m+2)$ -mal der Blattbreite in der anderen Kollimatororientierung. Die Kollimatororientierung, in der die größere Anzahl von Feldern geliefert wird, ist bevorzugterweise die Neunzig-Grad-Offset-Orientie-

rung, falls die Null-Grad-Offset-Orientierung einen Kollimatorwinkel hat, der bereits zur Minimierung des Treppeneffektes optimiert worden ist. In dem Fall, in dem die Null-Grad-Offset-Position nicht durch einen Optimierungsprozess ausgewählt wurde, wird die Kollimatororientierung, die am besten mit einer Einzelbehandlungsfoldeanwendung übereinstimmt, bevorzugterweise als die Orientierung ausgewählt, die weniger Bestrahlungsanwendungen hat bzw. empfängt.

[0050] Falls ein Behandlungsbereich T konkave und konvexe Bereiche aufweist, ist es schwierig, die Blätter derart zu positionieren, daß jedes Blatt einen einzigen Schnittpunkt entlang der Grenze des Behandlungsbereiches hat. Der Behandlungsbereich T kann in zwei oder mehr getrennte Bereiche unterteilt werden, wie es durch die gestrichelten Linien gezeigt ist, die auf den Behandlungsbereichen in Fig. 9 und 10 gezeigt sind. Jeder Abschnitt des Behandlungsbereiches weist nun einen einzigen (einzigenartigen) Zusatz von Schnittpunkten auf und jeder Abschnitt erhält dieselbe Anzahl von Überwachungseinheiten der Strahlung, wie sie für den Behandlungsbereich vorgeschrieben ist. Die Behandlungsfelder werden individuell für jeden Abschnitt des Behandlungsbereiches T erzeugt, wie es zuvor beschrieben wurde. Da die Trennungslinie auf der Kollimatororientierung basiert, wird der Behandlungsbereich T für jede Orientierung unterschiedlich unterteilt. Die Blätter, die zum Definieren der Teilungslinie verwendet werden, sind bevorzugterweise leicht gegenüber der Linie versetzt, um einen Spielraum benachbart zu der Linie zu belassen. Dieser wird zum Korrigieren von Unterdosierungen, die an der Teilungslinie auftreten können, verwendet. Wie in Fig. 9 und 10 gezeigt ist, die Trennungslinien sind senkrecht zu der Richtung der Blattbewegung positioniert bzw. angeordnet. Dieses erlaubt es den Blättern, entlang des Randes zur Minimierung einer Unterdosierung an der Teilungslinie aufgrund von Übereinstimmungslinienwirkungen (d. h. Verbindungswirkungen) positioniert zu werden. Falls die Teilungslinie anstatt dessen parallel zu der Blattbewegungsrichtung und entlang einer Blattseite positioniert ist, kann eine Unterdosierung auftreten. Die Unterdosierung kann nicht korrigiert werden, da die Blätter nicht senkrecht zu der Teilungslinie bewegt werden können. Die Blätter, die zum Definieren der Teilungslinie verwendet werden, sind bevorzugterweise leicht gegenüber der Linie versetzt, um einen Spielraum benachbart zu der Linie zu belassen. Dieses wird zum Korrigieren von Unterdosierungen verwendet, die an der Teilungslinie auftreten können.

[0051] Während das oben beschriebene Verfahren gut bei Behandlungsbereichen wirkt, die Grenzen mit relativ kleinen Steigungen und sanfte Übergänge zwischen Richtungsänderungen aufweisen, ist ein bevorzugtes Verfahren für Behandlungsbereiche, die unregelmäßige Grenzen aufweisen, das Plazieren eines Gitters über dem Behandlungsbereich und das Definieren einer Mehrzahl von Intensitätszellen innerhalb des Behandlungsbereichs, um die geeigneten Blattpositionen zu bestimmen. Wie in Fig. 11 gezeigt ist, ein Gitter 97 wird über dem Behandlungsbereich T derart plaziert, daß die Quadrate so positioniert sind, daß sie mit den Blättern der beiden orthogonalen Kollimatororientierungen ausgerichtet sind. Die Zellen des Gitters 97 weisen bevorzugterweise eine Seite mit einer Länge auf, die gleich eines Bruchteils ($1/n$, wobei n eine ganze Zahl ist) der Breite der Kollimatorblätter ist. Die andere Seite der Zelle kann einen größeren oder kleineren Wert als n in dem $1/n$ -Bruchteil der Blattbreite aufweisen, wie unten beschrieben wird. Zum Beispiel kann der Behandlungsbereich in $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ Zellen oder $2\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ Zellen zur Verwendung mit einem Mehrblattkollimator, der Blattbreiten von 1 cm auf-

weist, unterteilt werden. Andere Gittergrößen können mit Blättern unterschiedlicher Breite verwendet werden.

[0052] Alle Zellen, die innerhalb des Behandlungsbereichs T befindlich sind, empfangen die Hälfte der vorgeschriebenen Dosierung in jeder Kollimatororientierung. Diese Zellen werden identifiziert mit "1" in Fig. 11. Die Zellen, die vollständig außerhalb des Behandlungsbereichs 5 befindlich sind, empfangen gar keine Strahlung. Diese Zellen sind mit "0" in Fig. 11 identifiziert. Diejenigen Zellen, die auf der Grenze des Behandlungsbereichs T befindlich sind, empfangen entweder die volle Strahlung oder keine Strahlung, abhängig davon, wieviel der Zelle innerhalb des Behandlungsbereichs befindlich ist. Falls 50% oder mehr der Zelle innerhalb des Behandlungsbereichs befindlich ist, wird die Zelle die volle Strahlung erhalten, und falls weniger als 50% der Zelle innerhalb des Behandlungsbereichs befindlich sind, wird die gesamte Zelle keine Strahlung erhalten.

[0053] Fig. 12 zeigt eine Intensitätskarte, die eine Mehrzahl von $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ Makrozellen 100 (durch fette durchgezogene Linien angezeigt), die in vier $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ Mikrozellen 102 (durch gestrichelte Linien angezeigt) unterteilt sind, aufweist. Die $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ Mikrozellen 102 werden zum Umwandeln einer Makrozelle 100 in zwei orthogonale Intensitätskarten, eine mit einer Auflösung von $5\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ und die andere mit einer Auflösung von $10\text{ mm} \times 5\text{ mm}$, verwendet. Ein Beispiel eines Prozesses zum Unterteilen der Intensitätskarte in Gruppen von vier $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ Mikrozellen 102 ist in der U.S. Patentanmeldung mit der Seriennummer 09/234,364 von Siuchi, die am 20. Januar 1999 eingereicht wurde, die hier durch Bezugnahme in dieser Hinsicht aufgenommen wird, beschrieben. Dieses Gruppieren von $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ Mikrozellen 102 erlaubt die Behandlung eines Feldes mit einer $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ Auflösung unter Verwendung eines Mehrblattkollimators, der Blätter mit 1 cm Breite aufweist, wie es in Fig. 3 gezeigt ist.

[0054] Fig. 13 illustriert ein Beispiel einer Matrix 104, die aus einer Intensitätskarte ausgebildet ist, die aus $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ Mikrozellen 106, 108, 110, 112 zusammengesetzt ist. Jede Mikrozelle 106, 108, 110, 112 identifiziert einen Abschnitt in einem mit Strahlung zu behandelnden Feld. Die Zahlen (0, 1, 1, 2) innerhalb jeder Mikrozelle 106, 108, 110 bzw. 112 repräsentieren den Strahlungsintensitätspegel für Orte innerhalb des Feldes und sind in Überwachungseinheiten (Monitor Units = μu) oder in relativen Überwachungseinheitsintensitäten (z. B. $1 \times 10^2\text{ mu}$) angegeben. Um eine $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ Auflösung für die Intensitätskarte zu liefern, wird die Matrix 104 in zwei orthogonale Matrizen 116, 118 heruntergebrochen, die eine $1\text{ cm} \times 5\text{ mm}$ Auflösung bzw. eine $5\text{ mm} \times 1\text{ cm}$ Auflösung aufweisen. Ein Mehrblattkollimator mit einem Zentimeter breiten Blättern kann dann zum Liefern der Intensitätskarte mit einer $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ Auflösung verwendet werden. Zum Beispiel kann ein Paar von Blättern 97, 98, das wie in Fig. 14 gezeigt positioniert wird, zum Liefern der Intensitätskarte verwendet werden, die in der Matrix 116 aus Fig. 13 gezeigt ist. Eine Strahlungsdosis (z. B. 1 mu) wird an Felder angelegt, die den Mikrozellen 108 und 112 der Matrix 104 entsprechen. Der Kollimator wird dann um ungefähr neunzig Grad gedreht, um die Intensitätskarte, die in der Matrix 118 gezeigt ist, mit den Blattpositionen, die in Fig. 15 gezeigt sind, zu liefern. Mit dem um neunzig Grad gedrehten Kollimator wird eine Strahlungsdosis (z. B. 1 mu) an die Felder angelegt, die den Mikrozellen 110 und 112 aus der Matrix 104 entsprechen. Die zwei Strahlungsanwendungen resultieren in einer Dosis von 2 mu in dem Feld, das der Mikrozelle 112 entspricht, in einer Dosis von 1 mu in den Feldern, die den

Mikrozellen 108 und 110 entsprechen, und darin, daß keine Strahlung an das Feld angelegt wird, das der Mikrozelle 106 entspricht. Die Zerlegung der Matrix 104 in orthogonale Matrizen 116 und 118 liefert derart eine Behandlung mit einer 5 mm × 5 mm Auflösung unter Verwendung von Kollimatorblättern, die eine Breite von einem Zentimeter aufweisen.

[0055] Die Intensitätskarte wird zerlegt zum Definieren von zwei orthogonalen Karten, einer Null-Grad-Karte zur Anwendung bei einer Null-Grad-Offset-Kollimatoreinstellung und eine Neunzig-Grad-Karte zur Anwendung mit einer dazu senkrechten Kollimatoreinstellung. In der folgenden Beschreibung wird die ursprünglich eingegebene Intensitätskarte als eine Makromatrix definiert und die Gruppen von vier Mikrozellen innerhalb der Makromatrix werden als Mikromatrizen (oder Matrizen) definiert. Damit die Intensitätskarte in orthogonalen Karten zerlegt wird, müssen die senkrechten Gradienten jeder Spalte der Mikromatrix (Matrix) 100 einander gleich sein und die horizontalen Gradienten jeder Zeile der Mikromatrix müssen ebenfalls einander gleich sein (Fig. 12). Dieses liefert einen 1 cm × 1 cm Bereich unter dem Schnittpunkt eines Blattpaares für eine Kollimatoreinstellung und eines anderen Blattpaares für die orthogonale Kollimatoreinstellung. Falls zum Beispiel die horizontalen Gradienten für die Mikromatrix, die die Zellen 102 aufweist (in Fig. 12 gezeigt), gleich sind, muß die folgende Gleichung gelten:

$$b-a = d-c$$

wobei a, b, c, d die Intensitätswerte sind, die den Orten in der Mikromatrix 102 aus Fig. 12 entsprechen.

[0056] In ähnlicher Weise muß, falls die vertikalen Gradienten gleich sind, die folgende Gleichung gelten:

$$c-a = d-b.$$

[0057] Ein Verfahren zum Umwandeln einer Intensitätskarte, die die oben Randbedingungen nicht erfüllt (d. h., die horizontalen Gradienten für jede Zeile sind nicht gleich und/oder die vertikalen Gradienten für jede Spalte sind nicht gleich), in eine Intensitätskarte, die gleiche horizontale und vertikale Gradienten aufweist, ist in der U.S. Patentanmeldung mit der Seriennummer 09/457,601, die am 8. Dezember 1999 eingereicht wurde, die hier diesbezüglich durch Bezugnahme aufgenommen wird, beschrieben. Verschiedene Zerlegungen einer Intensitätskarte sind zum Erzeugen von zwei orthogonalen Karten möglich. Ein Optimierungsverfahren, wie es in der U.S. Patentanmeldung mit der Seriennummer 09/457,602, die am 8. Dezember 1999 eingereicht wurde, beschrieben ist, die hier diesbezüglich durch Bezugnahme aufgenommen wird, kann zum Finden der Zerlegungen verwendet werden, die die kürzeste Behandlungszeit ergeben, um die Gesamtbehandlungszeit zu minimieren und die Lebensdauer der Strahlungsbehandlungsvorrichtung zu erhöhen.

[0058] Die Intensitätskarte kann in Mikrozellen heruntergebrochen werden, die eine andere Abmessung als 5 mm × 5 mm aufweisen, falls eine unterschiedliche Auflösung gefordert wird. Zum Beispiel kann jede Makrozelle in neun Mikrozellen unterteilt werden, in welchem Fall die Intensitätskarte als zwei orthogonale Intensitätskarten lieferbar ist, die eine Auflösung von 1 cm × 1/3 cm bzw. 1/3 cm × 1 cm aufweisen (siehe zum Beispiel die U.S. Patentanmeldung mit der Seriennummer 09/234,364, auf die bereits oben Bezug genommen wurde). Außerdem kann ein Mehrblattkollimator mit Blättern, die eine andere Breite als 1 cm aufweisen, verwendet werden, und die Größe der ent-

sprechenden Mikrozellen wird 1/n-mal die Blattbreite sein (wobei n eine positive ganze Zahl ist (z. B. 2 oder 3)).

[0059] Fig. 16 ist eine Ablaufdarstellung, die einen Prozess zum Definieren und Liefern von Strahlungsbehandlungsfeldern mit einem die Intensität modulierenden Mehrblattkollimator illustriert. In Schritt 200 wird ein Gitter 97 über dem Behandlungsbereich T plaziert (Fig. 11 und 16). Wie oben beschrieben wurde, das Gitter 97 enthält bevorzugterweise Zellen, die Seiten aufweisen, die gleich einem integralen Bruchteil (d. h. 1/n, wobei n eine ganze Zahl ist) der Breite der Mehrblattkollimatorblätter entsprechen. In Schritt 202 werden die Zellen zur Bildung von Matrizen gruppiert. In Schritt 203 werden die Matrizen gefiltert, wie es in der U.S. Patentanmeldung mit der Seriennummer 09/457,601 beschrieben ist, damit sie mit dem Zerlegungsprozess kompatibel sind. Jede Matrix wird in orthogonale Matrizen zerlegt (Schritt 204). Der Kollimator wird dann um die zentrale Achse R in seine optimale Null-Grad-Offset-Position gedreht (Schritt 206). Mit dem Kollimator in seiner Null-Grad-Offset-Orientierung werden die Blätter longitudinal zum Definieren eines ersten Behandlungsfeldes bewegt (Schritt 208). Eine Hälfte der vorgeschriebenen Strahlungsdosis wird auf das erste Behandlungsfeld angewandt (Schritt 210). Der Kollimator wird dann um ungefähr neunzig Grad um die zentrale Achse R gedreht (Schritt 212) und die Blätter werden zum Definieren eines zweiten Behandlungsfeldes positioniert (Schritt 214). Die verbleibende Hälfte der Strahlung wird dann mit den für das zweite Behandlungsfeld positionierten Blättern angewandt (Schritt 216). Die Blätter können auch zum Definieren von zusätzlichen Behandlungsfeldern positioniert werden, falls es durch die Zerlegung der Matrizen erforderlich ist, wie es in Fig. 13 gezeigt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Liefern von Strahlung von einer Strahlungsquelle an einen Behandlungsbereich (T) unter Verwendung eines Mehrblattkollimators (80), mit den Schritten:

Positionieren des Mehrblattkollimators zwischen der Strahlungsquelle und dem Behandlungsbereich zum Blockieren eines Teils der Strahlung, wobei die Blätter (120, 122) des Mehrblattkollimators sich longitudinal entlang einer ersten Achse (Y) erstrecken und zum Definieren eines ersten Behandlungsfeldes positioniert sind,

Liefern von Strahlung an das erste Behandlungsfeld, Drehen des Mehrblattkollimators um eine zentrale Achse (R), die sich im wesentlichen senkrecht zu einer Ebene erstreckt, die mindestens einen Teil der Blätter enthält,

Positionieren der Blätter (124, 126) zum Definieren eines zweiten Behandlungsfeldes, und

Liefern der Strahlung an das zweite Behandlungsfeld.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Drehen des Mehrblattkollimators (80) ein Drehen des Kollimators, bis die Blätter sich longitudinal entlang einer zweiten Achse (X), die im wesentlichen senkrecht zu der ersten Achse (Y) ist, erstrecken, aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Liefern der Strahlung an das erste Behandlungsfeld das Liefern von einer Hälfte einer vorgeschriebenen Strahlungsdosis aufweist, und das Liefern der Strahlung an das zweite Behandlungsfeld das Liefern der verbleibenden Hälfte der vorgeschriebenen Strahlungsdosis aufweist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei

dem das Positionieren der Blätter das Positionieren derart, daß die Umfangskante des Behandlungsbereiches einen Mittelpunkt der Querkante (130) des jeweiligen Blattes schneidet, aufweist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 4, das weiter die Schritte des longitudinalen Bewegens der Blätter (120, 122) zum Definieren eines dritten Behandlungsfeldes und des Liefers von Strahlung an das dritte Behandlungsfeld aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das Positionieren der Blätter (124, 126) zum Definieren des zweiten Behandlungsfeldes das Schneiden des Umfangsrandes des Zielbereiches mit einem Querrand (130) des jeweiligen der Blätter in einer Position, die ein Drittel der Breite des Blattes von einem Längsrand des Blattes be-
abstandet ist, aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das Bewegen der Blätter zum Definieren des dritten Behandlungsfeldes das Schneiden des Umfangsrandes des Zielbereiches mit dem Querrand (130) des Blattes in einer Position, die zwei Drittel der Breite des Blattes von dem Längsrand des Blattes beabstandet ist, aufweist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem das Liefern der Strahlung an das erste, das zweite und das dritte Behandlungsfeld das Liefern von einem Drittel einer vorgeschriebenen Strahlungs-dosis an jedes der Behandlungsfelder aufweist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, das weiter die Schritte des Teilens des Behandlungsbereichs in eine Mehrzahl von Zellen (102), die jeweils einen definierten Behandlungsintensitätspegel aufweisen, des Gruppierens der Zellen zur Bildung einer Mehrzahl von Matrizen (114), wobei jede der Matrizen mindestens eine Abmessung, die ungefähr gleich zu der Breite eines Kollimatorblattes ist, aufweist, und des Zerlegens von jeder der Matrizen in orthogonale Matrizen (116, 118) aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem Strahlung mit einer Auflösung, die der Hälfte der Blattbreite entspricht, geliefert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, das weiter die Schritte des Zuordnens eines Intensitätspegels, der größer als Null ist, zu jeder Zelle (102), die als Ganzes innerhalb des Behandlungsbereiches liegt, und des Zuordnens eines Intensitätspegels von Null zu jeder Zelle, die komplett außerhalb des Behandlungsbereiches liegt, aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, das weiter die Schritte des Zuordnens eines Intensitätspegels größer als Null zu jeder Zelle (102), bei der eine Hälfte oder mehr ihrer Fläche innerhalb des Behandlungsbereichs liegt, und des Zuordnens eines Intensitätspegels von Null zu jeder Zelle, bei der weniger als eine Hälfte ihrer Fläche innerhalb des Behandlungsbereichs liegt, aufweist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, bei dem die Kollimatorblätter eine Breite von 1 cm aufweisen und die Zellen ungefähr 1 cm x 5 mm sind.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, das weiter den Schritt des Teilens des Behandlungsbereiches in zwei oder mehr Abschnitte aufweist, wobei der Bereich entlang einer Linie geteilt wird, die sich im wesentlichen senkrecht zu einer Richtung der Bewegung der Blätter erstreckt.

- Leerseite -

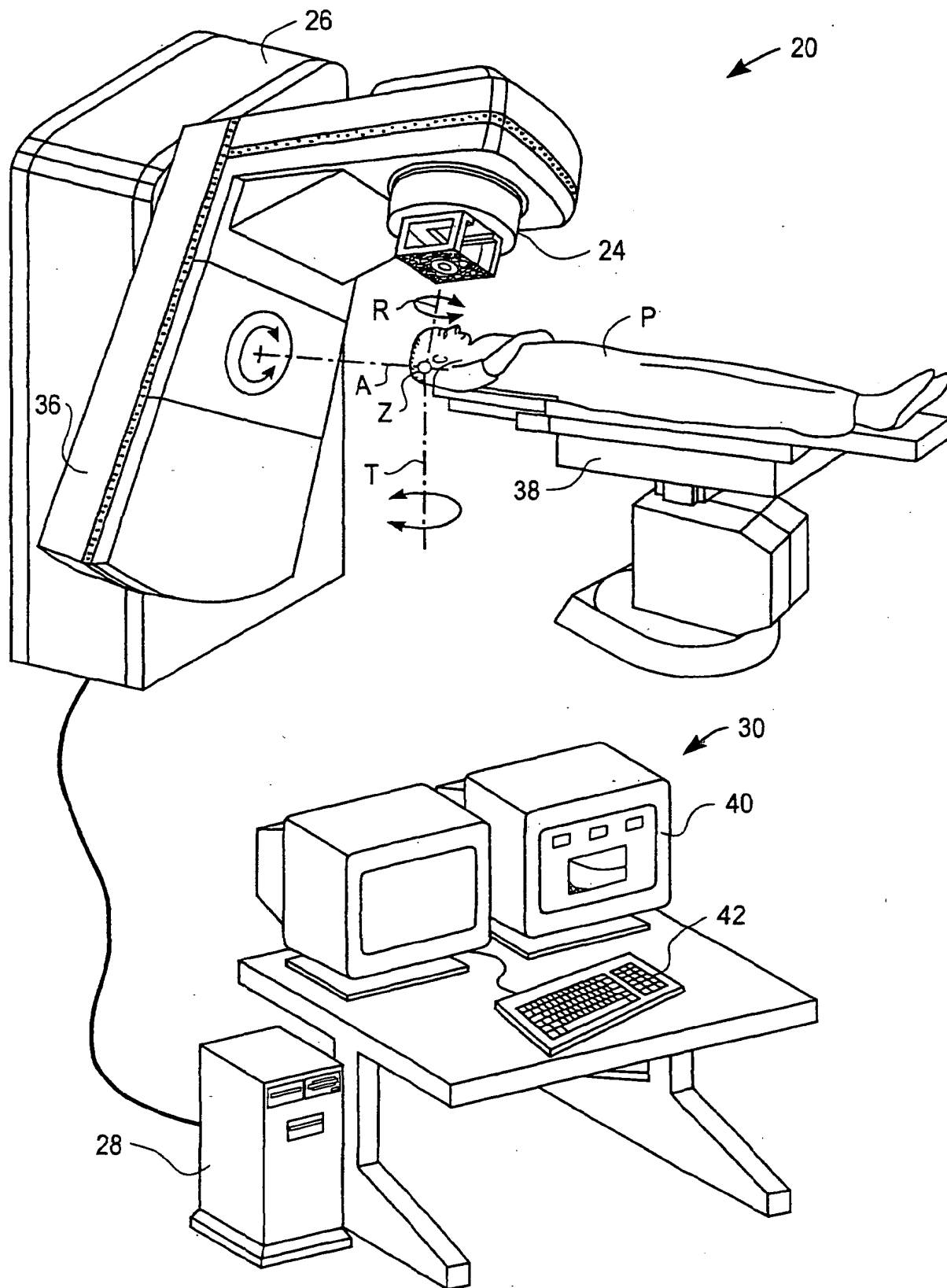


FIG. 1

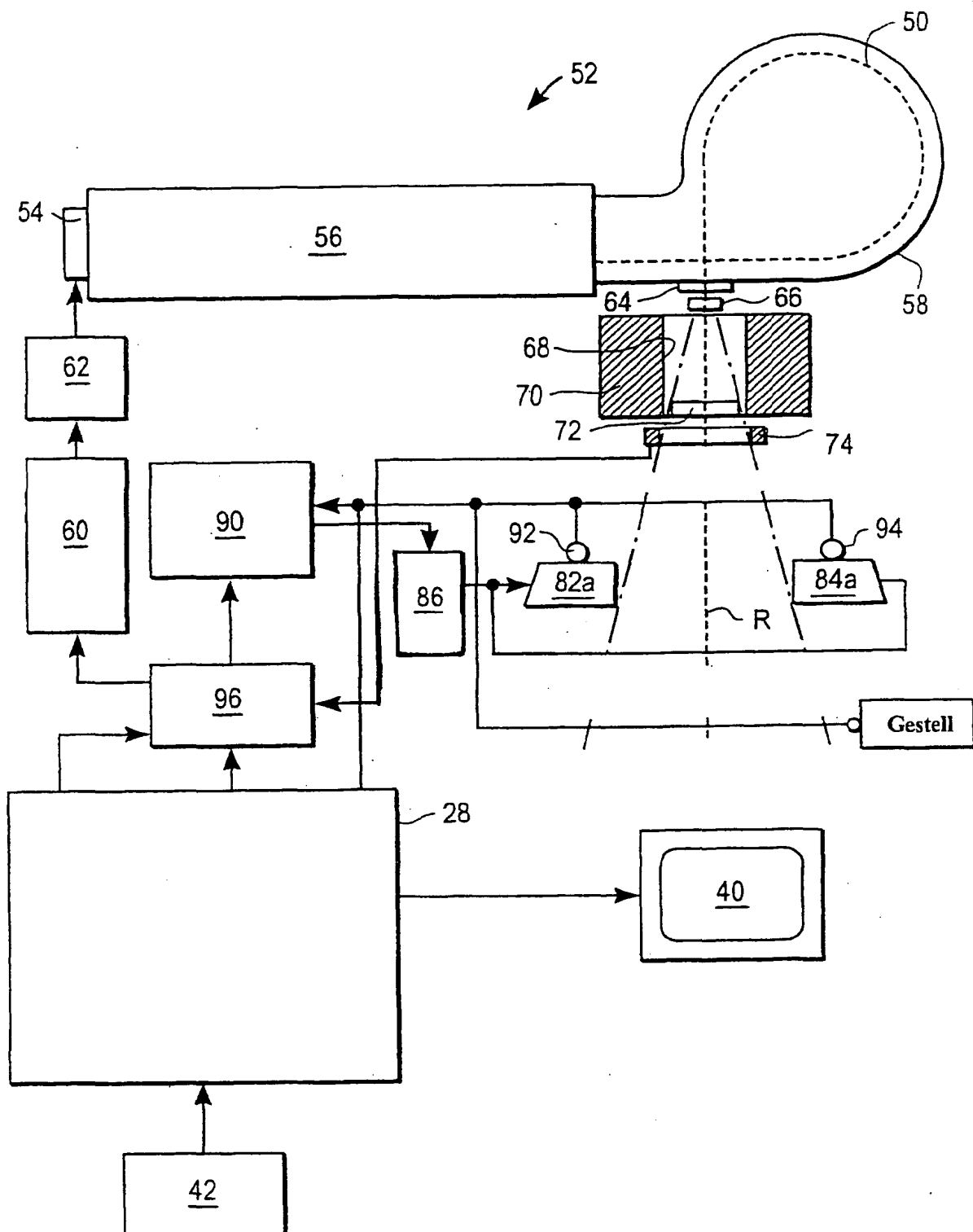


FIG 2

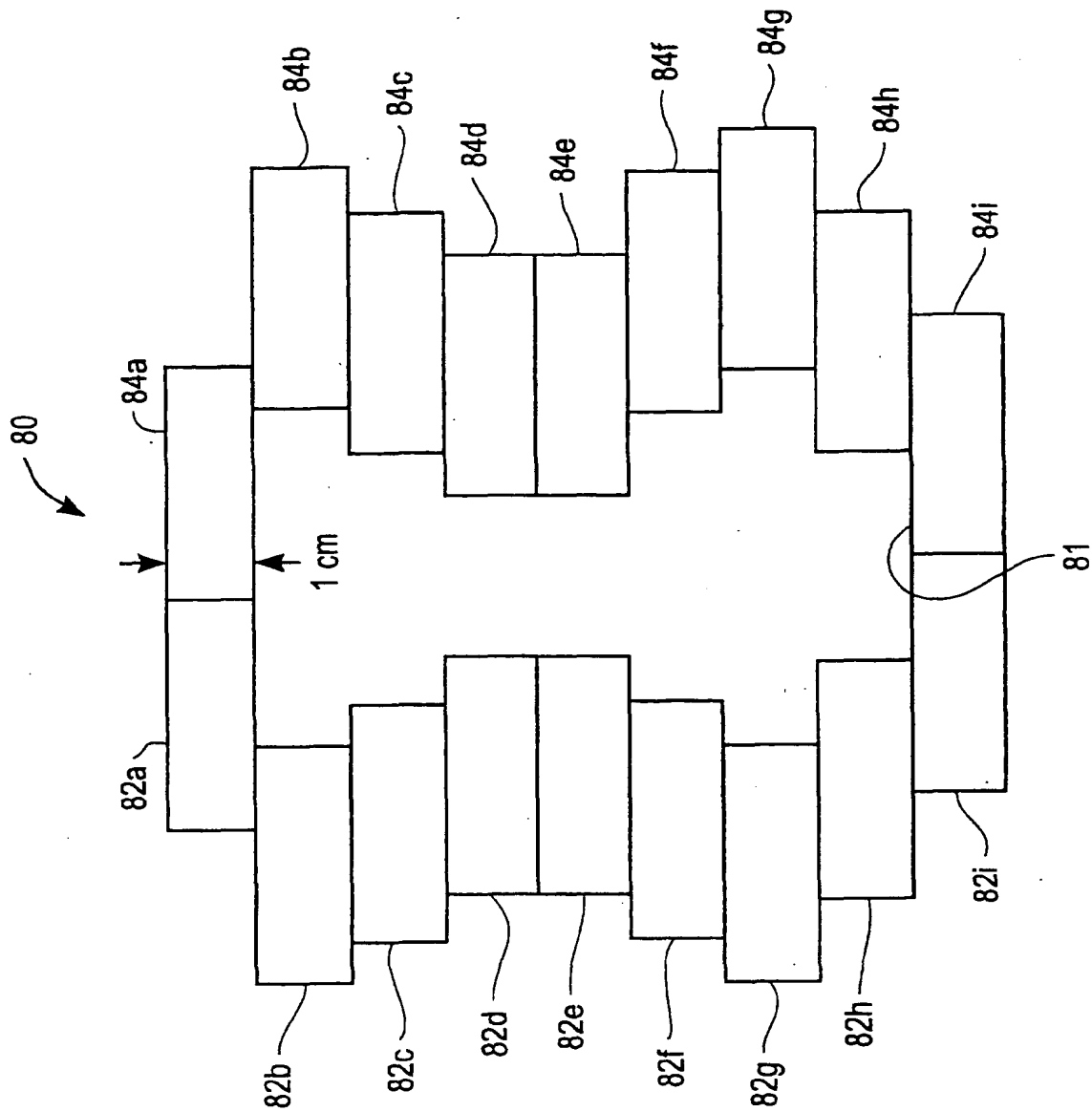


FIG. 3

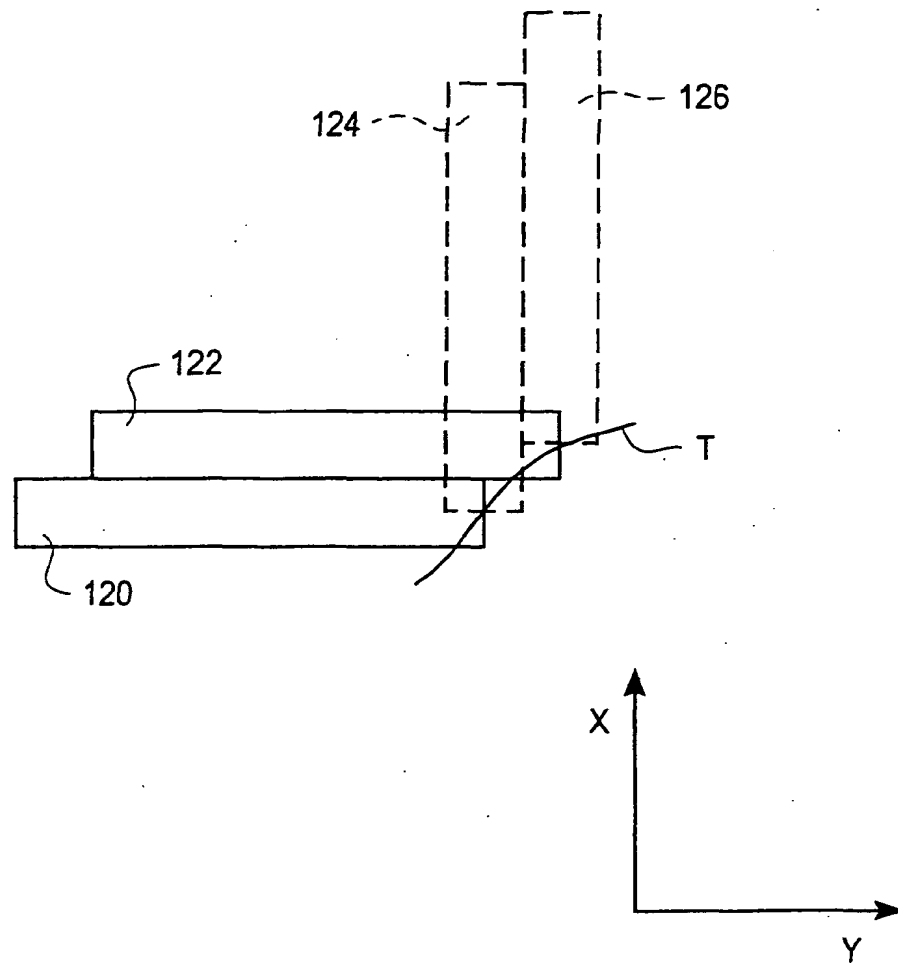


FIG. 4

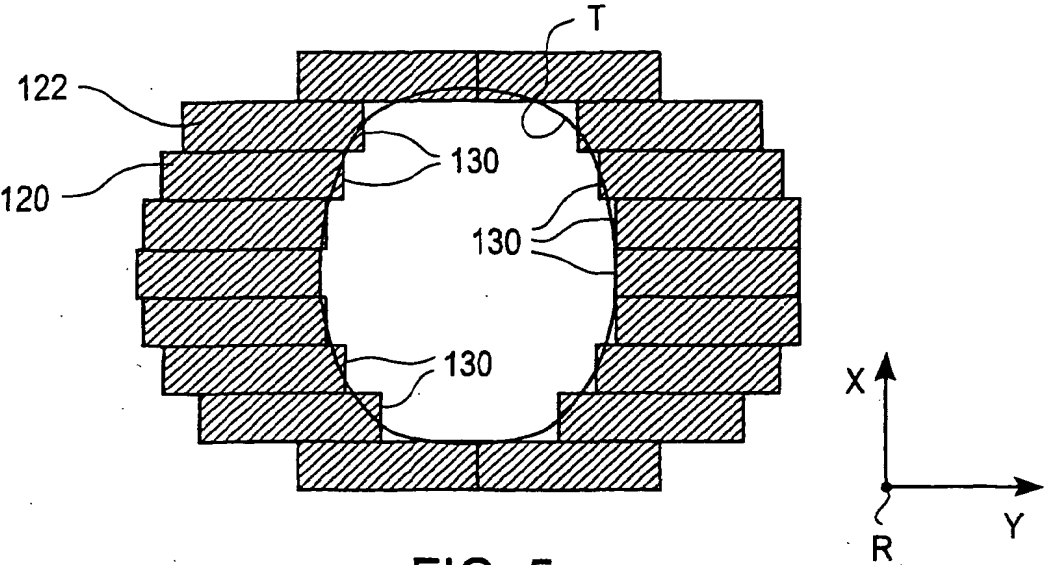


FIG. 5

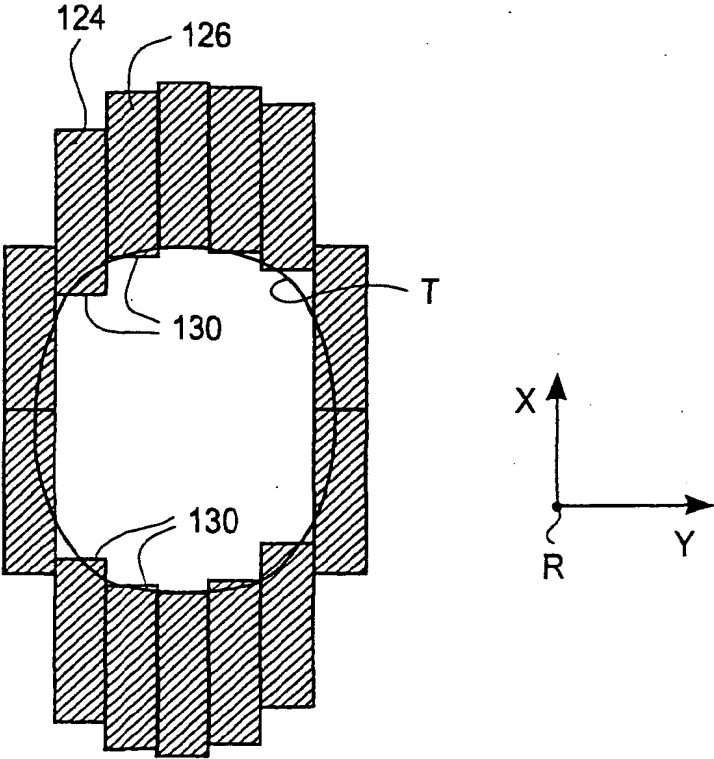


FIG. 6

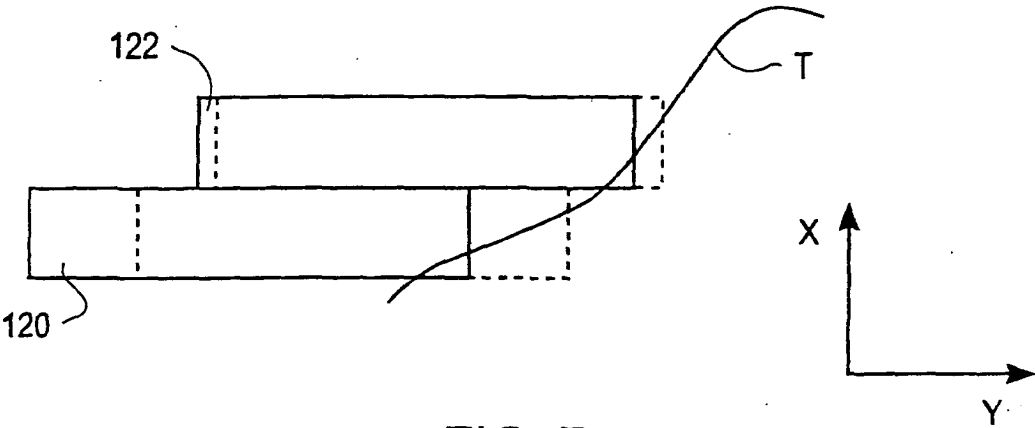


FIG. 7

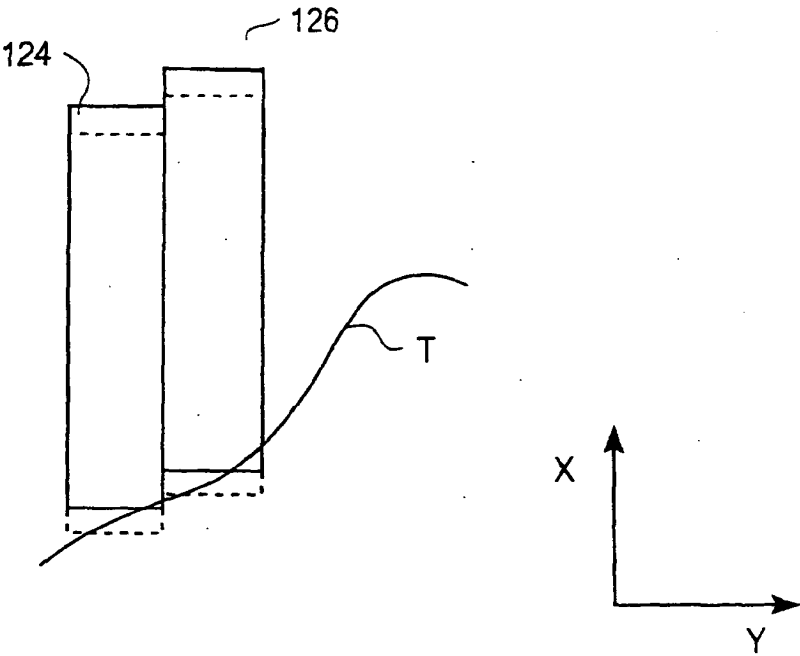


FIG. 8

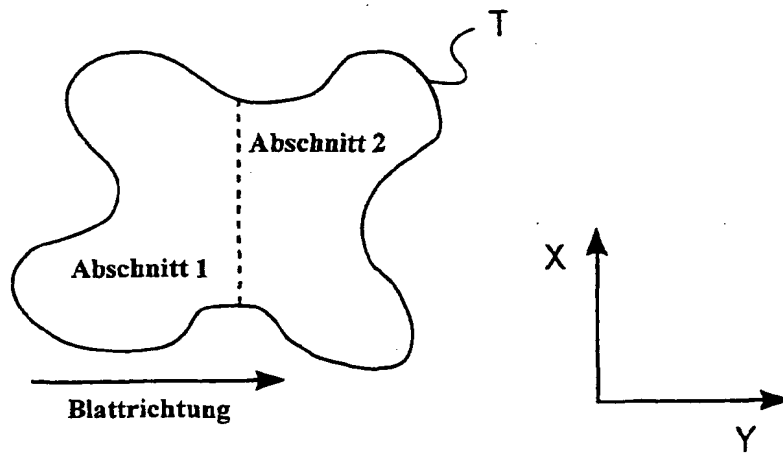


FIG. 9

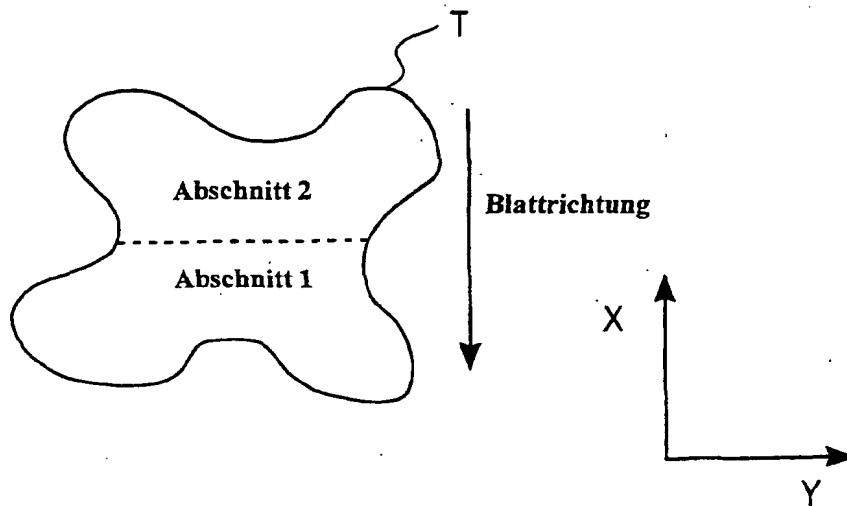


FIG. 10

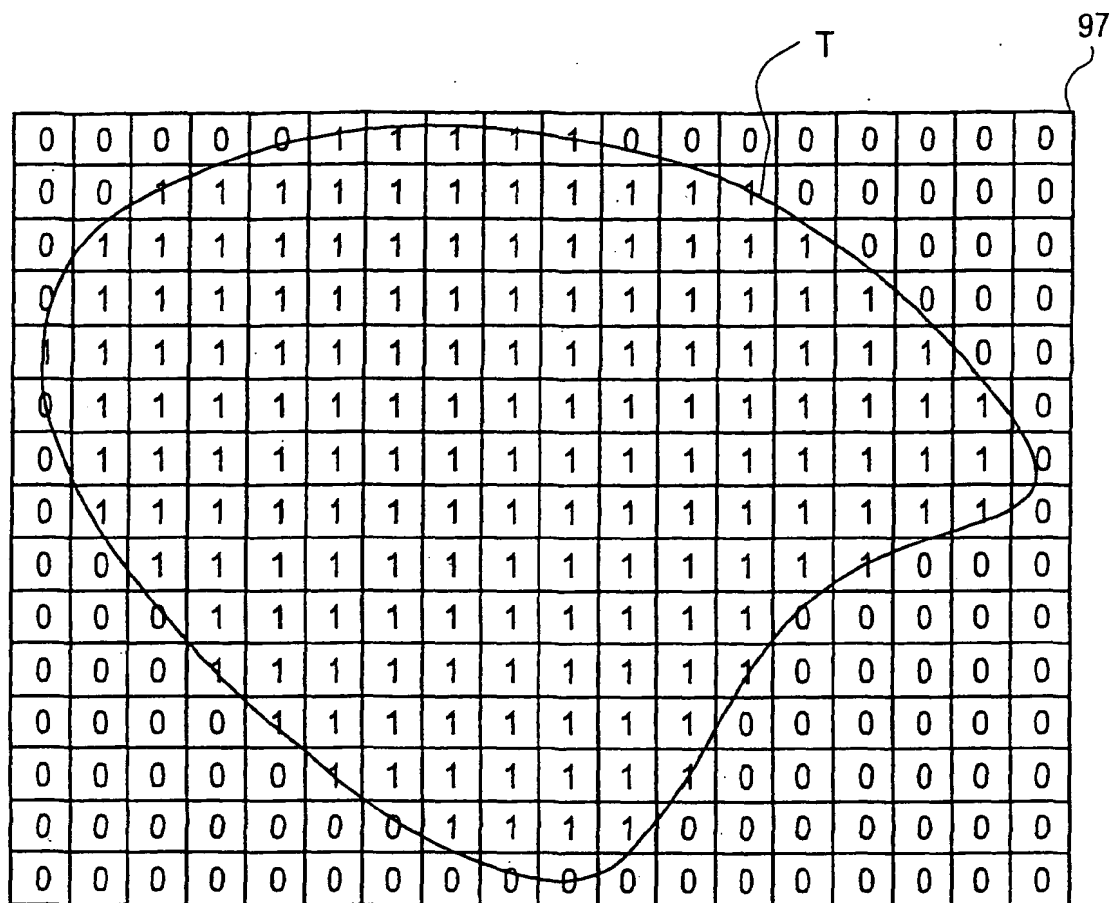


FIG. 11

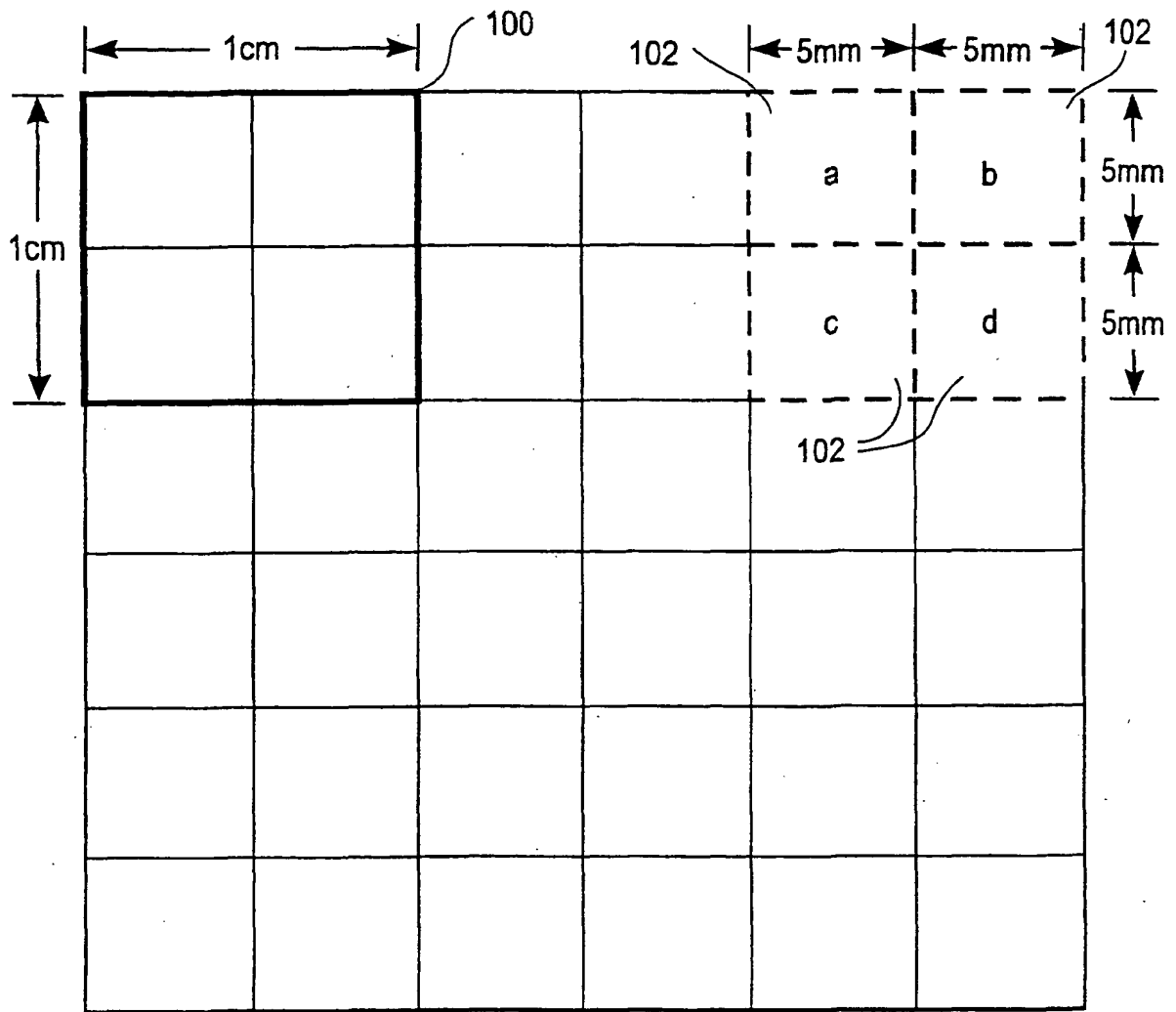


FIG. 12

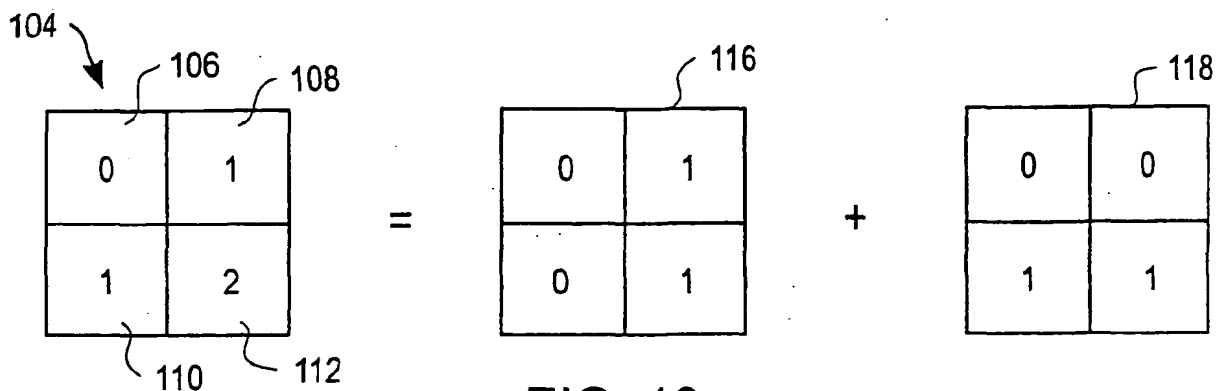


FIG. 13

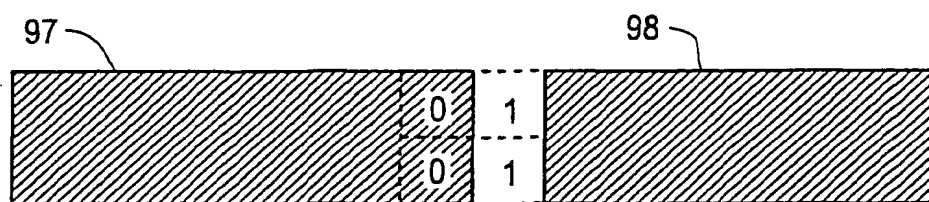


FIG. 14

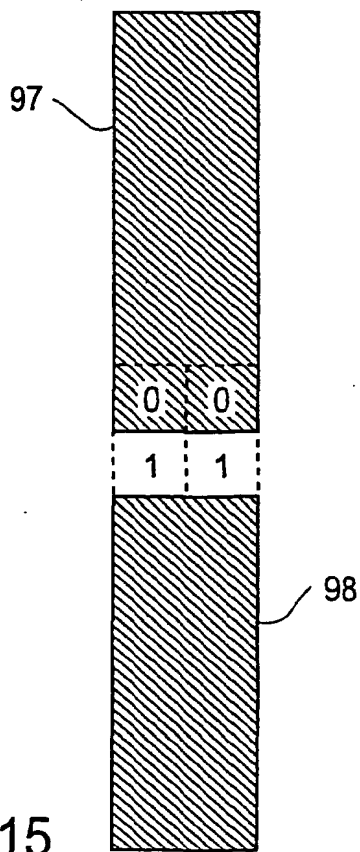


FIG. 15

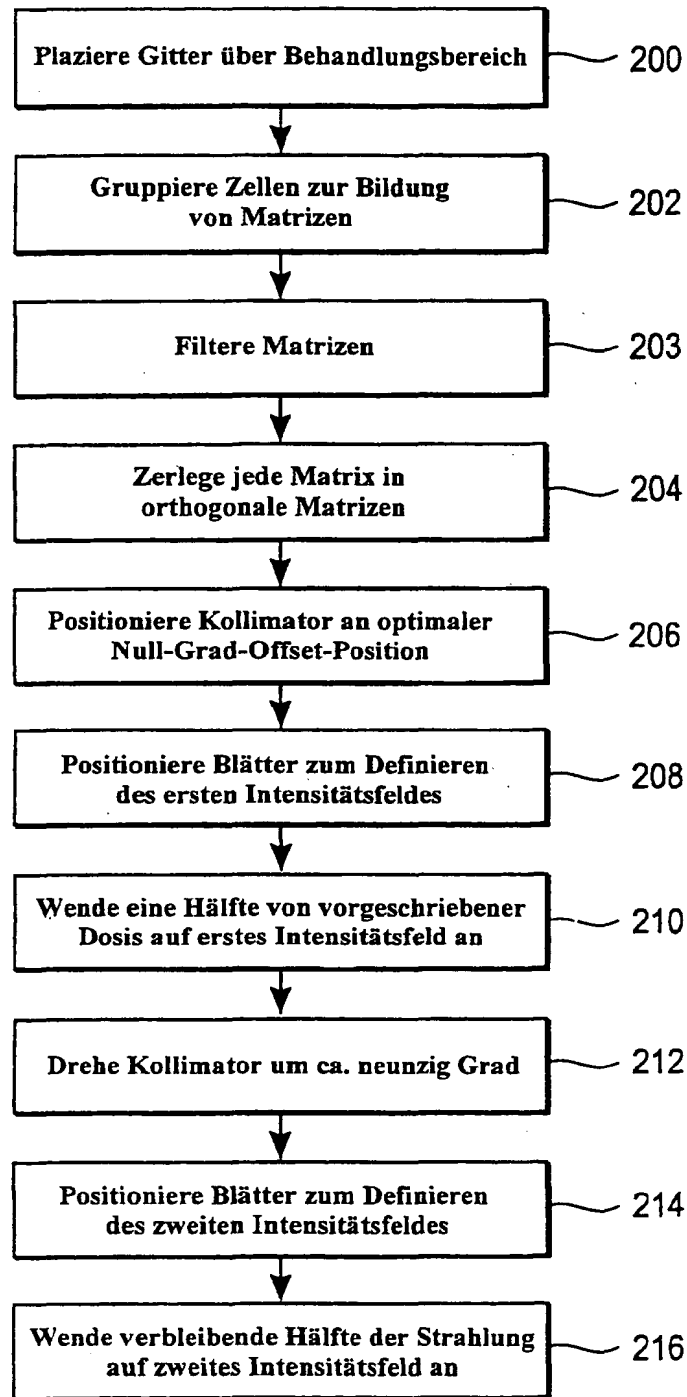


FIG. 16